

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-174322

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup> 識別記号 庁内整理番号 ④ 公開 昭和62年(1987)7月31日  
 C 21 D 8/02 A-7047-4K  
 // C 22 C 38/00 3 0 1 A-7147-4K  
 38/06 審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑬ 発明の名称 冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法

⑭ 特 願 昭61-237653

⑮ 出 願 昭61(1986)10月6日

優先権主張 ⑯ 昭60(1985)10月15日 ⑰ 日本(JP) ⑱ 特願 昭60-230706

⑲ 発 明 者 叶 野 元 巳 加古川市平岡町二俣1013  
 ⑲ 発 明 者 梶 晴 男 神戸市須磨区北落合5丁目19番8号  
 ⑲ 発 明 者 高 嶋 修 嗣 高砂市西畑2丁目5番地12号  
 ⑲ 発 明 者 下 畑 隆 司 加古川市野口町野口119-153  
 ⑲ 発 明 者 塩 飽 豊 明 加古川市平岡町二俣1012  
 ⑲ 発 明 者 秋 山 憲 昭 加古川市神野町石守575-46  
 ⑳ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号  
 ㉑ 代 理 人 弁理士 牧野 逸郎

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

## (1) 重量%で

C 0.03~0.25%、  
 Si 0.01~0.60%、  
 Mn 0.30~2.00%、  
 sol. Al 0.005~0.10%、

残部鉄及び不可避免の不純物よりなり、且つ、

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{15}$$

で表わされる炭素当量が0.25~0.45%の範囲にある鋼を950~1200℃に加熱し、冷間圧延において、(Ar<sub>3</sub>-40)℃乃至(Ar<sub>3</sub>+50)℃の範囲の温度で圧延を終了した後、2~40℃/秒の冷却速度にて350℃以下の温度まで加速冷却して、体積率3~15%の島状マルテンサイトと20~40

%のベイナイトと残部フェライトからなる複合組織を有せしめることを特徴とする冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法。

## (2) 重量%で

(a) C 0.03~0.25%、  
 Si 0.01~0.60%、  
 Mn 0.30~2.00%、及び  
 sol. Al 0.005~0.10%を含有し、  
 更に、

(b) Cu 0.10~0.50%、  
 Ni 0.10~1.00%、  
 Mo 0.05~0.50%、  
 Nb 0.003~0.10%、  
 V 0.01~0.10%、  
 Ti 0.003~0.10%、  
 B 0.0003~0.0030%、及び  
 Cr 0.05~0.50%

よりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含有し、

残部鉄及び不可避的不純物よりなり、且つ、

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{15}$$

で表わされる炭素当量が0.25～0.45%の範囲にある鋼を950～1200℃に加熱し、熱間圧延において、(Ar<sub>3</sub>-40)℃乃至(Ar<sub>3</sub>+50)℃の範囲の温度で圧延を終了した後、2～40℃/秒の冷却速度にて350℃以下の温度まで加速冷却して、体積率3～15%の島状マルテンサイトと20～40%のベイナイトと残部フェライトからなる複合組織を有せしめることを特徴とする冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法に関し、詳しくは、フェライト、ベイナイト及びマルテンサイトからなる複合組織を有し、降伏比が低く、冷間加工性にすぐれた高

張力鋼板の製造方法に関する。

#### 従来の技術

近年、熱間圧延後の冷却を利用して、フェライトと低温変態生成相とからなる複合組織を有する低降伏比鋼が開発されている。例えば、特開昭57-126916公報には、圧延終了後、焼入れ又は焼入れ焼戻しを行なうことによつて、フェライトとベイナイト・マルテンサイトからなる複合組織を得る方法が記載されており、また、特開昭58-93814号公報には、常温まで急冷してフェライトとマルテンサイトとの複合組織を得る方法が記載されている。

しかし、圧延後に水冷を伴う鋼板の製造においては、単に目標とする所要の強度及び靱性を確保するのみならず、良好な平坦度や内部品質を確保し、更には、板内及び板間材質の均一性を確保することが重要である。低降伏比を得るためには、上記した従来の技術からも理解されるように、常温まで冷却する方法によるのが有利であるが、良好な平坦度を確保し、又は平坦度の不良を生じた

鋼板を矯正するためには、冷却停止温度を高温とするのが有利である。また、圧延後、冷却した鋼板においては、鋼板内の水素が抜けにくいために、鋼板のUST検査時に水素性のUST欠陥が生じやすいことが知られているが、このUST欠陥の発生を抑えるためにも、冷却停止温度は高温とする方が有利である。

従つて、前述した方法によれば、冷却停止温度が常温であるので、良好な平坦度を得ることが困難であると共に、上記水素性UST欠陥が発生しやすい。更に、それぞれ目標とする複合組織を得るために、圧延終了後、冷却開始までの間に秒単位での時間制御下での放冷過程を必要とするが、かかる精度の高い放冷制御は、実操業においては困難であり、その結果、得られる鋼板は品質のばらつきを免れない。

#### 発明が解決しようとする問題点

以上のように、従来は、低降伏比鋼板を製造するためには、圧延終了後に常温まで冷却することが必要であるとされているのに対して、本発明者

らは、種々の条件下で制御圧延、加速冷却を行なつて鋼板を製造し、これら鋼板の機械的性質及びミクロ組織について鋭意研究した結果、所定の化学成分を有する鋼についての制御圧延及び加速冷却条件を適切に制御することによつて、圧延終了後、常温まで冷却することなしに、好ましいフェライト・ベイナイト・マルテンサイト複合組織を有すると共に、降伏比が70%以下である低降伏比鋼板を得ることができることを見出して、本発明に至つたものである。

従つて、本発明は、加速冷却ままにて冷間加工性にすぐれる高張力鋼板を製造する方法を提供することを目的とする。

#### 問題点を解決するための手段

本発明による冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法は、重量%で

- C 0.03～0.25%、
- Si 0.01～0.60%、
- Mn 0.30～2.00%、
- sol. Al 0.005～0.10%、

残部鉄及び不可避的不純物よりなり、且つ、

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{15}$$

で表わされる炭素当量が0.25～0.45%の範囲にある鋼を950～1200℃に加熱し、熱間圧延において、(Ar<sub>3</sub>-40)℃乃至(Ar<sub>3</sub>+50)℃の範囲の温度で圧延を終了した後、2～40℃/秒の冷却速度にて350℃以下の温度まで加速冷却して、体積率3～15%の島状マルテンサイトと20～40%のベイナイトと残部フェライトからなる複合組織を有せしめることを特徴とする。

第1図及び第2図に

C 0.10%、

Si 0.28%、

Mn 1.48%、

Al 0.033%、

Nb 0.016%、

Ti 0.011%、

からなり、C<sub>eq</sub>0.35%、板厚30mm、圧延仕上温度780℃、冷却速度15℃/秒にて製造した

鋼板の機械的性質及びマイクロ組織と冷却停止温度との関係を示す。第1図の結果から明らかなように、引張強さは冷却停止温度が低いほど増大するが、降伏強さは、冷却停止温度が約300℃以下に至るときに低下し、降伏比が低下する。また、第2図から明らかなように、この場合のマイクロ組織はフェライト(F)、ベイナイト(B)及びマルテンサイト(M)からなる。但し、本発明においては、ベイナイトとは、パーライト(P)を含む組織をいう。

従つて、本発明においては、冷却停止温度を350℃以下とし、これによつて、島状マルテンサイトとベイナイトとからなる複合組織を有して、所要の引張強さを有すると共に、低降伏比の加速冷却鋼板を得るものである。

次に、本発明の方法において、鋼の化学成分を限定する理由について説明する。

Cは、所要の強度を確保するために、少なくとも0.03%を添加することか必要である。しかし、過剰に添加するときは、溶接性を阻害するので、

添加量の上限は0.25%とする。

Siは、脱酸及び強度確保のために添加される。この効果を有効に得るためには少なくとも0.01%を添加することが必要であるが、しかし、0.60%を越えるときは溶接性が劣化するので、Siの添加量は0.01～0.60%の範囲とする。

Mnは、強度上昇の効果を有するが、0.30%よりも少ないときは、かかる強度上昇の効果が十分ではなく、一方、2.00%を越えて過剰に添加するときは、溶接性を阻害するので、添加量は0.30～2.00%の範囲とする。

sol. Alは脱酸のために0.005%以上を添加することが必要であるが、過剰に添加しても、効果が飽和するうえに、経済性をも損なうので、添加量の上限を0.10%とする。

本発明においては、鋼は、上記した元素に加えて、

Cu 0.10～0.50%、

Ni 0.10～1.00%、

Mo 0.05～0.50%、

Nb 0.003～0.10%、

V 0.01～0.10%、

Ti 0.0003～0.10%、

B 0.0003～0.0030%、及び

Cr 0.05～0.50%

よりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含有することができる。

これらの元素はすべて、鋼板の強度を向上させる効果を有し、この効果を有効に得るためには、いずれの元素についても、上記した下限値以上を添加することが必要である。しかし、Cu、Cr、Mo、Nb、V及びBについては、過剰量の添加は溶接性を劣化させ、また、Niは高価な元素であつて、過剰量の添加は経済性を損なうので、それぞれの元素は、上記した上限値以下の範囲で添加される。

特に、Tiは、オーステナイト粒を微細化する効果を有し、この効果を有効に得るために0.003%以上を添加することが必要である。しかし、過剰量の添加は、得られる鋼板の経済性を損なう

ので、添加量の上限は0.10%とする。

更に、本発明においては、鋼は、上記元素に加えて、又は上記元素とは別に、

Ca 0.0005~0.0050%、及び

REM 0.001~0.01%

よりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含有することができる。

これら元素は、いずれも鋼板の異方性を軽減するために添加される。この効果を有効に得るためには、上記した下限値以上を添加することが必要である。しかし、過剰量の添加は、経済性を損なうので、いずれも上記上限値以下の範囲で添加される。

更に、本発明においては、鋼は炭素当量 (Ceq)

$$Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{15}$$

が0.25~0.45%の範囲にあることを必要とする。Ceqが0.25%よりも少ないときは、適正な加速冷却を行なつても、ミクロ組織がフェライト・パーライト組織となり、所要の強度を得ること

尚、本発明においては、何ら限定されるものではないが、通常、上記熱間圧延において、850℃以下の温度での累積圧下率を30%以上とするのが好ましい。即ち、板厚中心部まで細粒とし、且つ、目標とするフェライト・ベイナイト・マルテンサイト複合組織を得るために、累積圧下率を30%以上とすることが好ましい。特に、40%以上とすることが好ましい。

この仕上圧延後、冷却速度2~40℃/秒にて加速冷却する。冷却速度が2℃/秒よりも遅いときは、加速冷却による強度上昇効果を得ることができず、40℃/秒よりも早い場合は、組織がベイナイト主体となつて、靱性が劣化するからである。

この加速冷却において冷却停止温度は、前述したように、350℃以下の温度である。このように、350℃以下の温度まで加速冷却することによつて、目的とするフェライト・ベイナイト・マルテンサイト複合組織を有すると共に、降伏比70%以下の低降伏比鋼板を得ることができる。冷

ができない。他方、0.45%を越えるときは、ベイナイト主体の組織となり、母材靱性及び溶接性の劣化が著しい。

本発明による冷間加工性にすぐれる低降伏比高張力鋼板の製造方法は、上記した化学組成を有すると共に、上記所定の範囲のCeqを有する鋼を熱間圧延のために、先ず、950~1200℃に加熱する。加熱温度が1200℃を越えるときは、オーステナイト粒の粗大化が著しくなる。他方、加熱温度の下限値は、 $A_{r3}$ 変態点以上で十分に溶体化する温度として、950℃とする。特に好ましい加熱温度は950~1100℃の範囲である。

次いで、本発明によれば、熱間圧延において、仕上圧延温度を( $A_{r3}-40$ )℃乃至( $A_{r3}+50$ )℃の範囲の温度として仕上圧延する。仕上温度が( $A_{r3}-40$ )℃よりも低い場合は、目的とするフェライト・ベイナイト・マルテンサイト複合組織を得ることができない。他方、仕上温度が( $A_{r3}+50$ )℃よりも高い場合は、組織がベイナイト主体となるので、靱性が劣化する。

却停止温度を低くするほど、低降伏比の鋼板を得ることができるが、鋼板の平坦度を確保し、また、UST欠陥の発生を防止する観点から、冷却停止温度は250℃以上とすることが好ましい。

本発明による方法においては、上記のようにして得られる鋼板に体積率にて3~15%の島状マルテンサイトと20~40%のベイナイトと残部フェライトからなる複合組織を有せしめることが必要である。前述したように、かかる複合組織を有せしめることによつて、所要の引張強さと低降伏比を得ることができる。即ち、ベイナイトが過大であるときは靱性が低く、マルテンサイトが過少であるときは降伏比が高い。

#### 発明の効果

本発明の方法によれば、圧延終了後、冷却開始までの放冷時間や冷却開始温度について特別に厳密な管理を要せずして、350℃以下の温度まで加速冷却することによつて、フェライト・ベイナイト・マルテンサイト複合組織からなり、且つ、降伏比70%以下の低降伏比加速冷却鋼板を得る

ことができる。

### 実施例

以下に実施例を挙げて本発明を説明するが、本発明はこれら実施例によつて何ら制限されるものではない。

### 実施例

第1表に示す化学成分を有する鋼を第2表に示す圧延、冷却条件にて板厚12mm又は30mmの鋼板に圧延した。得られた鋼板の性質及びミクロ組織を第2表に示す。鋼A及びBは、本発明で規定するCeqを有する鋼であり、鋼C及びDは本発明で規定する範囲外のCeqを有する鋼である。

第2表において、鋼板A1及びB1は、それぞれ上記鋼A及びBを用いて、本発明の方法に従つて製造した鋼板であつて、50～60kgf/mm<sup>2</sup>級鋼板として十分な引張強さと良好な降伏比を有している。これに対して、鋼板A2、A3、A4も、上記鋼Aからの鋼板であるが、A2は仕上圧延温度が高すぎるために、また、A3は冷却速度が早すぎるために、いずれもベイナイト主体の組

第1表

種	化 学 成 分 (重量%)							Ceq (%)
	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti
A	0.13	0.21	1.22	0.018	0.007	0.027	0.016	0.008
B	0.14	0.23	1.15	0.017	0.005	0.041	—	0.007
C	0.05	0.20	1.03	0.018	0.005	0.038	—	0.008
D	0.20	0.24	1.56	0.015	0.003	0.031	0.028	—

第2表

鋼記号	仕上温度 (℃)	冷却速度 (℃/秒)	冷却停止温度 (℃)	組 織 分 率 (%)		降伏強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏比 (%)	vTrs (℃)	板厚 (mm)
				マルテンサイト	ベイナイト					
発明鋼A1	785	15	300	10	38	34	63	54	-46	30
比較鋼A2	840	15	300	5	74	47	72	65	-5	30
比較鋼A3	785	50	300	7	63	44	69	64	-13	12
比較鋼A4	780	15	450	0	25	45	55	82	-73	30
発明鋼B1	780	15	300	13	28	30	55	55	-41	30
比較鋼B2	720	15	300	15	21	31	58	53	-15	30
比較鋼B3	780	1.8	300	1	11	41	50	82	-64	30
比較鋼B4	760	15	450	0	18	43	53	81	-88	30
比較鋼C1	820	40	250	0	3	36	48	75	-60	12
比較鋼D1	760	2	300	10	78	56	71	79	-3	30

第1図

織となり、靱性が低い。また、A 4 は冷却停止温度が高いために、降伏強さが高く、降伏比が大きい。

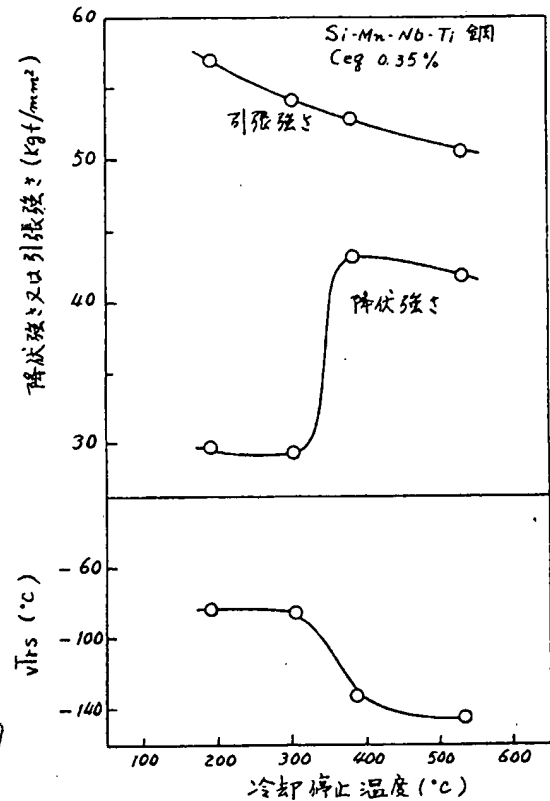
同様に、B 2 は仕上圧延温度が低いので、靱性が低い。B 3 は冷却速度が遅すぎる結果、マルテンサイト組織が少ないので降伏比が低い。また、B 4 は冷却停止温度が高いために、降伏強さが高く、降伏比が高い。

C 1 は  $C_{eq}$  が低すぎるために、強度が不足している。また、D 1 は  $C_{eq}$  が高すぎるので、靱性が低い。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、 $C_{eq}$  0.35% のC-Si-Mn-Nb-Ti 鋼についての加速冷却における冷却停止温度と得られる加速冷却鋼板の機械的性質及び低温特性との関係を示すグラフ、第2図は、第1図と同じ鋼についての加速冷却における冷却停止温度と得られる加速冷却鋼板の組織との関係を示すグラフである。

特許出願人 株式会社神戸製鋼所  
代理人 弁理士 牧野逸郎



第2図

